

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

発明の名称

半導体光検出素子及び放射線検出装置

(Semiconductor photo-detection device and radiation detection apparatus)

発明の背景5 発明の分野

【0001】 本発明は、半導体光検出素子、及び、当該半導体光検出素子を備えた放射線検出装置に関する。

関連する背景技術

10 【0002】 この種の半導体光検出素子として、半導体基板の一方面側に複数のホトダイオードを形成し、他方面を光入射面とした裏面入射型ホトダイオードアレイが知られている（例えば、文献1：特開平11-74553号公報参照）。

発明の概要

15 【0003】 裏面入射型ホトダイオードアレイでは、半導体基板の空乏層以外の領域で発生したキャリアが拡散移動する距離（発生した位置から空乏層までの距離）が長い。このため、ホトダイオード間近傍に発生したキャリアは、電界に依存しない拡散移動によって隣接するホトダイオードに流れ込む確率が高くなる。この結果、ホトダイオード間においてクロストークが発生しやすくなってしまう。

20 【0004】 ところで、上記文献1に記載された裏面入射型ホトダイオードアレイでは、隣接するホトダイオード間にX線を吸収するための薄層が形成されている。しかしながら、文献1における薄層は、散乱X線を除去するためのものであり、上述したクロストークを考慮したものではない。

【0005】 本発明は上述の点に鑑みてなされたもので、クロストークの発生を良好に抑制することが可能な半導体光検出素子及び放射線検出装置を提供することを課題とする。

25 【0006】 本発明に係る半導体光検出素子は、被検出光の入射面の反対面側に、pn接合型の複数のホトダイオードが形成された半導体基板を備え、半導体

基板の入射面の反対面側において、複数のホトダイオードのうち隣接するホトダイオード間に p n 接合領域が形成されていることを特徴とする。

【0007】 上記した半導体光検出素子では、半導体基板の入射面の反対面側において、複数のホトダイオードのうち隣接するホトダイオード間に p n 接合領域が形成されているので、隣接するホトダイオード近傍に発生し、拡散移動により隣接するホトダイオードに流れ込もうとするキャリアは、p n 接合領域から吸い出されることとなる。これにより、拡散移動により隣接するホトダイオードに流れ込もうとするキャリアが除去され、ホトダイオード間におけるクロストークの発生を良好に抑制することができる。

【0008】 また、裏面入射型ホトダイオードアレイにおいて、あるホトダイオードが初期的な接続エラーもしくは温度サイクル等による接続点の破損によって、電氣的にフローティングな状態になることが起こりうる。このような場合、そのホトダイオードから溢れ出したキャリアが周囲のホトダイオードに流れ込み、周囲のホトダイオードが正常な信号を出力することを妨げることになる。上記文献1に記載された裏面入射型ホトダイオードアレイでは、このようなことは全く述べられていない。

【0009】 これに対して、上記した半導体光検出素子では、接続点の破損によってあるホトダイオードが電氣的にフローティングな状態になった場合においても、隣接するホトダイオードに流れ込もうとするキャリアは p n 接合領域から吸い出されることとなる。これにより、隣接するホトダイオードへのキャリアの流れ込みを良好に抑制することができる。

【0010】 また、p n 接合領域は、反対面側から見て、ホトダイオードを取り囲むように形成されていることが好ましい。この場合、隣接するホトダイオードに流れ込もうとするキャリアが確実に除去されることとなり、クロストークの発生をより一層良好に抑制することができる。また、接続点の破損によってあるホトダイオードが電氣的にフローティングな状態になった場合においても、隣接

するホトダイオードへのキャリアの流れ込みをより一層良好に抑制することができる。

【0011】 また、半導体基板の反対面側において、pn接合領域とホトダイオードとの間に、半導体基板と同一導電型の高濃度不純物半導体領域が形成されていることが好ましい。この場合、高濃度不純物半導体領域は、隣接するホトダイオードを分離する機能を有することとなり、隣接するホトダイオードが電氣的に分離される。この結果、ホトダイオード間のクロストークをより一層低減できる。また、接続点の破損によってあるホトダイオードが電氣的にフローティングな状態になった場合においても、隣接するホトダイオードへのキャリアの流れ込みをより一層低減できる。

【0012】 また、高濃度不純物半導体領域は、反対面側から見て、ホトダイオードを取り囲むように形成されていることが好ましい。この場合、隣接するホトダイオードを電氣的に確実に分離することができる。

【0013】 また、半導体基板の反対面側に、pn接合領域と高濃度不純物半導体領域とに電氣的に接続される電極が形成されており、電極が接地電位に接続されることが好ましい。この場合、pn接合領域を接地電位に接続するための電極と、高濃度不純物半導体領域を接地電位に接続するための電極との共用化が図られることとなり、電極数が増加するのを防ぐことができる。pn接合領域から吸い出されたキャリアは、半導体光検出素子の内部で消失することとなる。この結果、ホトダイオード間のクロストークが低減される。また、接続点の破損によってあるホトダイオードが電氣的にフローティングな状態になった場合においても、隣接するホトダイオードへのキャリアの流れ込みが低減される。

【0014】 また、半導体基板の反対面側に、pn接合領域に電氣的に接続される第1電極と高濃度不純物半導体領域に電氣的に接続される第2電極とが形成されており、第1電極と第2電極とは、互いに電氣的に絶縁された状態で各々が接地電位に接続されることが好ましい。この場合、pn接合領域と高濃度不純物

半導体領域とは、半導体光検出素子の内部において電氣的に分離されることとなる。これにより、pn接合領域側の電位が変動するようなことはなく、ホトダイオードとpn接合領域との電位差による電流の流れ込みを抑制することができる。この結果、ホトダイオードからの出力信号に電氣的な影響は生じ難くなり、安定した信号出力を実現することができる。

【0015】 また、半導体基板は第1導電型であって、複数のホトダイオード及びpn接合領域は第2導電型不純物半導体領域と半導体基板とで構成されることが好ましい。また、高濃度不純物半導体領域は第1導電型であることが好ましい。

【0016】 また、半導体基板の反対面側に、複数のホトダイオードのそれぞれに電氣的に接続され、バンパ電極を含む電極が形成されているとともに、半導体基板に対向する面側に複数のホトダイオードのそれぞれと対応するように電極パッドが形成された支持部材を備え、複数のホトダイオードのそれぞれは、バンパ電極を介して支持部材の対応する電極パッドに電氣的に接続されることとしても良い。

【0017】 本発明に係る放射線検出装置は、上記半導体光検出素子と、半導体基板の入射面側に位置し、放射線の入射により発光するシンチレータと、を備えることを特徴とする。

【0018】 上記した放射線検出装置では、半導体光検出素子が上記半導体光検出素子とされるので、上述したように、ホトダイオード間におけるクロストークの発生を良好に抑制することができる。また、接続点の破損によってあるホトダイオードが電氣的にフローティングな状態になった場合においても、隣接するホトダイオードへのキャリアの流れ込みを抑制することができる。この結果、高い解像度を得ることができる。

図面の簡単な説明

【0019】 図1は、第1実施形態に係る半導体光検出素子を示す概略平面図

である。

【0020】 図2は、図1におけるII-II線に沿った断面構成を説明するための模式図である。

5 【0021】 図3は、第2実施形態に係る半導体光検出素子を示す概略平面図である。

【0022】 図4は、図3におけるIV-IV線に沿った断面構成を説明するための模式図である。

【0023】 図5は、本実施形態に係る半導体光検出素子の変形例の断面構成を説明するための模式図である。

10 【0024】 図6は、本実施形態に係る半導体光検出素子の変形例の断面構成を説明するための模式図である。

【0025】 図7は、本実施形態に係る放射線検出装置の断面構成を説明するための模式図である。

15 【0026】 図8は、図2に示した半導体光検出素子の変形例の断面構成を説明するための模式図である。

好適な実施形態の説明

【0027】 本発明の実施形態に係る半導体光検出素子及び放射線検出装置について図面を参照して説明する。なお、説明において、同一要素又は同一機能を有する要素には、同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

20 【0028】 (第1実施形態)

【0029】 図1は、第1実施形態に係る半導体光検出素子を示す概略平面図である。図2は、図1におけるII-II線に沿った断面構成を説明するための模式図である。なお、以下の説明においては、光Lの入射面(図1における上側)を裏面、その反対側の面(図1における下側)を表面としている。

25 【0030】 半導体光検出素子としてのホトダイオードアレイPD1は、表面側において、複数のpn接合領域3が2次元的に縦横に規則正しくアレイ状に配

列されており、pn接合領域3の一つ一つがホトダイオードの光感応画素としての機能を有している。

5 【0031】 ホトダイオードアレイPD1は、シリコン(Si)からなるn型(第1導電型)の半導体基板5を備えている。n型半導体基板5は、その厚みが30～300 μ m(好ましくは、100 μ m程度)で、その不純物濃度は、 $1 \times 10^{12} \sim 10^{15} / \text{cm}^3$ である。

10 【0032】 n型半導体基板5にはその表面側において、p型(第2導電型)領域7が縦横の規則正しいアレイ状に2次元配列されている。この各p型領域7とn型半導体基板5との間で形成されるpn接合領域3により、各ホトダイオードの光感応画素が構成されている。p型領域7の不純物濃度は $1 \times 10^{13} \sim 10^{20} / \text{cm}^3$ であり、深さが0.05～20 μ m(好ましくは、0.2 μ m程度)である。

15 【0033】 隣接するp型領域7同士の間には、高濃度不純物半導体領域としての高濃度n型領域(分離層)9及びp型領域11が配置されている。

20 【0034】 高濃度n型領域9は、表面側から見てp型領域7(ホトダイオード)を取り囲むように、基板5の表面側からn型不純物を拡散して形成されている。この高濃度n型領域9は、隣接するホトダイオードを電氣的に分離する機能を有するものである。高濃度n型領域9を設けることにより、隣接するホトダイオードが電氣的に確実に分離され、ホトダイオード同士のクロストークを低減することができ、また、ブレークダウン電圧(逆方向耐圧)を制御することもできる。高濃度n型領域9の不純物濃度は $1 \times 10^{13} \sim 10^{20} / \text{cm}^3$ であり、厚みは0.1～数10 μ m(好ましくは、3 μ m程度)である。

25 【0035】 p型領域11は、表面側から見てp型領域7(ホトダイオード)及び高濃度n型領域9を取り囲むように、基板5の表面側からp型不純物を拡散して形成されている。この各p型領域11とn型半導体基板5との間で、pn接合領域13が形成されることとなる。また、pn接合領域13とp型領域7(ホ

トダイオード) との間に、高濃度 n 型領域 9 が形成されることとなる。p 型領域 11 の不純物濃度は $1 \times 10^{13} \sim 10^{20} / \text{cm}^3$ であり、深さが $0.05 \sim 20 \mu\text{m}$ (好ましくは、 $0.2 \mu\text{m}$ 程度) である。

5 【0036】 半導体基板 5 の端部 (チップエッジ) に位置する p 型領域 7 は、そのチップエッジ側に隣接する p 型領域 7 が存在しないことから、チップエッジ側に高濃度 n 型領域 9 及び p 型領域 11 を形成する必要はない。

10 【0037】 n 型半導体基板 5 の表面には、パッシベーション膜及び電気絶縁膜としての熱酸化膜 (図示せず) が形成されている。また、n 型半導体基板 5 の裏面には、裏面を保護すると共に、光 L の反射を抑制する AR 膜 (図示せず) が形成されている。ホトダイオードアレイ PD 1 における n 型半導体基板 5 の裏面側は、略平面とされている。

15 【0038】 n 型半導体基板 5 の表面側には、p 型領域 7 に電氣的に接続される電極 15 が形成されている。電極 15 は、電極パッド、アンダーバンプメタル (UBM) 及びバンプ電極 17 を含む (なお、電極パッド及び UBM の図示は省略する。)。電極パッドは、例えばアルミニウム膜からなり、熱酸化膜に形成されたコンタクトホールを通して p 型領域 7 に電氣的に接続される。UBM は、電極配線上に例えば Ni、Au を順次メッキすることにより形成される。バンプ電極 17 は、半田からなり、UBM 上に形成される。

20 【0039】 n 型半導体基板 5 の表面側には、高濃度 n 型領域 9 及び p 型領域 11 に電氣的に接続される電極 19 が形成されている。電極 19 は、電極配線 21、UBM (図示せず) 及びバンプ電極 23 を含む。電極配線 21 は、例えばアルミニウム膜からなり、熱酸化膜に形成されたコンタクトホールを通して高濃度 n 型領域 9 及び p 型領域 11 に電氣的に接続される。電極配線 21 は、図 2 にも示されるように、n 型半導体基板 5 の表面側から見て高濃度 n 型領域 9 及び p 型領域 11 を覆うように形成されている。UBM は、電極配線 21 上に例えば Ni、
25 Au を順次メッキすることにより形成される。バンプ電極 23 は、半田からなり、

UBM上に形成される。電極19は、接地電位に接続されている。

【0040】 ホトダイオードアレイPD1においては、ホトダイオードのアノードの電極取り出しが電極15により実現され、ホトダイオードのカソードの電極取り出しが電極19により実現されている。そして、ホトダイオードアレイPD1においては、pn接合領域3、13の境界に空乏層25が形成されることとなる。

【0041】 そして、ホトダイオードアレイPD1は、裏面側から被検出光Lが入射すると、その入射光に応じたキャリアを各ホトダイオードが生成する。生成されたキャリアによる光電流は、p型領域7に接続された電極15（バンプ電極17）から取り出される。この電極15からの出力は、図2にも示されるように、差動アンプ27の反転入力端子に接続される。差動アンプ27の非反転入力端子は、電極19と共通な接地電位に接続されている。

【0042】 図8は、図2に示した半導体光検出素子の変形例の断面構成を説明するための模式図である。ここでは、半導体光検出素子としてのホトダイオードアレイPD5は、半導体基板5に加えて、半導体基板5を支持する支持部材として配線基板80を備えている。

【0043】 半導体基板5の表面側には、上記したように、p型領域7に電氣的に接続される電極15が形成されている。電極15は、図8に示した例では、電極パッド15a、UBM15b、及びバンプ電極17によって構成されている。また、半導体基板5の表面側には、高濃度n型領域9及びp型領域11に電氣的に接続される電極19が形成されている。電極19は、図8に示した例では、電極パッド19a、UBM19b、及びバンプ電極23によって構成されている。

【0044】 これらの半導体基板5側の電極15、19に対して、配線基板80の半導体基板5に対向する面側には、p型領域7（ホトダイオード）と対応するように電極パッド81が形成されている。半導体基板5のp型領域7は、図8に示すように、電極15のバンプ電極17を介して、配線基板80の電極パッド

81に電氣的に接続される。

【0045】 また、配線基板80の半導体基板5に対向する面側には、高濃度n型領域9及びp型領域11と対応するように電極パッド82が形成されている。半導体基板5の高濃度n型領域9及びp型領域11は、図8に示すように、電極19のバンプ電極23を介して、配線基板80の電極パッド82に電氣的に接続される。

【0046】 以上のように、本第1実施形態においては、n型半導体基板5の表面側において、複数のp型領域7（ホトダイオード）のうち隣接するp型領域7の間にp型領域11（pn接合領域13）が形成されている。これにより、n型半導体基板5内の空乏層25以外の領域において、隣接するp型領域7近傍にキャリアCが発生した場合でも、拡散移動により隣接するp型領域7に流れ込もうとするキャリアCは、図2における矢印Aにて示されるように、p型領域11から吸い出されることとなる。この結果、拡散移動により隣接するp型領域7に流れ込もうとするキャリアCが除去され、p型領域7の間におけるクロストークの発生を良好に抑制することができる。

【0047】 また、光Lの入射面を裏面とする裏面入射型のホトダイオードアレイPD1では、図8にその接続構成を例示したように、配線基板などの支持部材に対する接続において、バンプ電極を用いたバンプ接続が好適に用いられる。このようにバンプ接続を用いる構成では、初期的な接続エラーもしくは温度サイクル等によって接続点の破損を生じ、その結果、あるp型領域7（ホトダイオード）が電氣的にフローティングな状態になることが起こりうる。

【0048】 これに対して、上記構成のホトダイオードアレイPD1によれば、初期的な接続エラーもしくは温度サイクル等による接続点の破損によって、あるp型領域7が電氣的にフローティングな状態になった場合においても、そのp型領域7から溢れ出したキャリアは、p型領域11から吸い出されることになる。これにより、隣接するp型領域7にキャリアが流れ込むことを良好に抑制するこ

とができる。なお、このような構成は、バンプ接続以外の接続構成を用いた場合にも、同様に有効である。

【0049】 また、本第1実施形態においては、p型領域11は、n型半導体基板5の裏面側から見て、p型領域7を取り囲むように形成されている。これにより、拡散移動により隣接するp型領域7に流れ込もうとするキャリアCが確実に除去されることとなり、クロストークの発生をより一層良好に抑制することができる。

【0050】 また、上記のように、接続点の破損によってあるp型領域7が電氣的にフローティングな状態になった場合においても、そのp型領域7から溢れ出したキャリアは、p型領域7を取り囲むp型領域11から吸い出されることになる。これにより、隣接するp型領域7にキャリアが流れ込むことをより一層良好に抑制することができる。

【0051】 また、本第1実施形態では、n型半導体基板5の表面側において、p型領域7とp型領域11との間に、高濃度n型領域9が形成されている。これにより、隣接するp型領域7が電氣的に分離され、p型領域7間のクロストークをより一層低減できる。また、接続点の破損によってあるホトダイオードが電氣的にフローティングな状態になった場合においても、隣接するホトダイオードへのキャリアの流れ込みをより一層低減できる。

【0052】 また、本第1実施形態において、高濃度n型領域9は、n型半導体基板5の裏面側から見て、p型領域7を取り囲むように形成されている。これにより、隣接するp型領域7を電氣的に確実に分離することができる。

【0053】 また、本第1実施形態においては、n型半導体基板5の表面側に、高濃度n型領域9とp型領域11とに電氣的に接続される電極19が形成されており、この電極19が接地電位に接続される。これにより、p型領域11を接地電位に接続するための電極と、高濃度n型領域9を接地電位に接続するための電極との共用化が図られることとなり、電極数が増加するのを防ぐことができる。

この場合、p型領域11から吸い出されたキャリアCは、ホトダイオードアレイPD1の内部で消失することとなる。

【0054】 また、本第1実施形態において、p型領域11は、p型領域7と同じ工程で形成することが可能である。この場合、ホトダイオードアレイPD1の製造工程が複雑化するようなことはない。

【0055】 (第2実施形態)

【0056】 図3は、第2実施形態に係る半導体光検出素子を示す概略平面図である。図4は、図3におけるIV-IV線に沿った断面構成を説明するための模式図である。第2実施形態に係るホトダイオードアレイPD2は、高濃度n型領域9及びp型領域11の電極構造に関して第1実施形態に係るホトダイオードアレイPD1と相違する。

【0057】 n型半導体基板5の表面側には、高濃度n型領域9に電氣的に接続される電極31(第2電極に相当)が形成されている。電極31は、電極配線33、UBM(図示せず)及びバンプ電極35を含む。電極配線33は、例えばアルミニウム膜からなり、熱酸化膜に形成されたコンタクトホールを通して高濃度n型領域9に電氣的に接続される。電極配線33は、図4にも示されるように、n型半導体基板5の表面側から見て高濃度n型領域9を覆うように形成されている。UBMは、電極配線33上に例えばNi、Auを順次メッキすることにより形成される。バンプ電極35は、半田からなり、UBM上に形成される。電極31は差動アンプ27の非反転入力端子に接続され、電極31と差動アンプ27の非反転入力端子との途中部分が接地電位に接続されている。これにより、電極31と差動アンプ27の非反転入力端子とは共通の接地電位に接続されることとなる。

【0058】 また、n型半導体基板5の表面側には、p型領域11に電氣的に接続される電極41(第1電極に相当)が形成されている。電極41は、電極配線43、UBM(図示せず)及びバンプ電極45を含む。電極配線43は、例え

ばアルミニウム膜からなり、熱酸化膜に形成されたコンタクトホールを通して p 型領域 1 1 に電氣的に接続される。電極配線 4 3 は、図 2 にも示されるように、n 型半導体基板 5 の表面側から見て p 型領域 1 1 を覆うように形成されている。UBM は、電極配線 4 3 上に例えば Ni、Au を順次メッキすることにより形成される。バンプ電極 4 5 は、半田からなり、UBM 上に形成される。電極 4 1 は、電極 3 1 と互いに電氣的に絶縁されている。電極 4 1 は、電極 3 1 との電氣的絶縁が維持された状態で、ホットダイオードアレイ PD 2 の外部において、電極 3 1 とは異なる接地電位に接続されている。

【0059】 以上のように、本第 2 実施形態においても、第 1 実施形態と同様に、拡散移動により隣接する p 型領域 7 に流れ込もうとするキャリア C は p 型領域 1 1 から吸い出されることとなる。これにより、拡散移動により隣接する p 型領域 7 に流れ込もうとするキャリア C が除去され、p 型領域 7 の間におけるクロストークの発生を良好に抑制することができる。

【0060】 また、初期的な接続エラーもしくは温度サイクル等による接続点の破損によって、ある p 型領域 7 が電氣的にフローティングな状態になった場合においても、その p 型領域 7 から溢れ出したキャリアは、p 型領域 1 1 から吸い出されることになる。これにより、隣接する p 型領域 7 にキャリアが流れ込むことを良好に抑制することができる。

【0061】 また、本第 2 実施形態においては、n 型半導体基板 5 の表面側に、高濃度 n 型領域 9 に電氣的に接続される電極 3 1 と p 型領域 1 1 に電氣的に接続される電極 4 1 とが形成されており、電極 3 1 と電極 4 1 とは、互いに電氣的に絶縁された状態で各々が異なる接地電位に接続される。この構成では、高濃度 n 型領域 9 と p 型領域 1 1 とは、ホットダイオードアレイ PD 2 の内部において電氣的に分離されることとなる。これにより、例えばグラウンド電位が変動した場合でも、p 型領域 1 1 の電位が変動するようなことはなく、p 型領域 7 と p 型領域 1 1 との電位差による電流の流れ込みを抑制することができる。この結果、p 型領

域7からの出力信号に電氣的な影響（ノイズの重畳）は生じ難くなり、安定した信号出力を実現することができる。

5 【0062】 また、本第2実施形態においては、p型領域11はp型領域7と同じ工程で形成することが可能である一方、電極41も電極31及び電極15と同じ工程で形成することが可能である。この場合、ホトダイオードアレイPD2の製造工程が複雑化するようなことはない。

10 【0063】 なお、ホトダイオードアレイPD2においては、電極31と電極41とが互いに電氣的に絶縁された状態にあるので、逆バイアス電圧の印加も容易となる。このため、信号検出に積分アンプを用いることにより、低信号検出を容易に行うこともできる。

【0064】 続いて、図5及び図6に基づいて、本実施形態に係る半導体光検出素子の更なる変形例を説明する。図5及び図6は、本実施形態に係る半導体光検出素子の変形例の断面構成を説明するための模式図である。

15 【0065】 図5に示された半導体光検出素子としてのホトダイオードアレイPD3は、n型半導体基板5の形状に関して第1実施形態に係るホトダイオードアレイPD1と相違する。図6に示された半導体光検出素子としてのホトダイオードアレイPD4は、n型半導体基板5の形状に関して第2実施形態に係るホトダイオードアレイPD2と相違する。

20 【0066】 ホトダイオードアレイPD3、PD4では、n型半導体基板5の裏面側における各pn接合領域3（p型領域7）に対応する領域に窪み部51が形成されている。これにより、隣接するp型領域7の間に対応する領域には、p型領域7に対応する領域を囲むように突出部53が形成されることとなる。

25 【0067】 上記ホトダイオードアレイPD3、PD4においても、上述した実施形態と同じく、拡散移動により隣接するp型領域7に流れ込もうとするキャリアCが除去され、p型領域7の間におけるクロストークの発生を良好に抑制することができる。

【0068】 また、初期的な接続エラーもしくは温度サイクル等による接続点の破損によって、あるp型領域7が電氣的にフローティングな状態になった場合においても、そのp型領域7から溢れ出したキャリアは、p型領域11から吸い出されることになる。これにより、隣接するp型領域7にキャリアが流れ込むことを良好に抑制することができる。

【0069】 また、ホットダイオードアレイPD3、PD4では、機械的強度を維持しつつ、n型半導体基板5の表面（光Lの入射面）からpn接合領域3までの距離を短くすることができる。n型半導体基板5の表面からpn接合領域3までの距離が短いことから、n型半導体基板5内で発生したキャリアCがpn接合領域3までの移動過程で再結合するのを抑制されることとなる。

【0070】 次に、図7に基づいて、本実施形態に係る放射線検出装置を説明する。図7は、本実施形態に係る放射線検出装置の断面構成を説明するための模式図である。

【0071】 放射線検出装置RDは、放射線の入射により発光するシンチレータ61と、上述したホットダイオードアレイPD1とを備える。なお、ホットダイオードアレイPD1を用いる代わりに、ホットダイオードアレイPD2～4を用いるようにしてもよい。

【0072】 シンチレータ61は、ホットダイオードアレイPD1の裏面側に位置する。シンチレータ61から出射された光は、ホットダイオードアレイPD1の裏面から当該ホットダイオードアレイPD1に入射する。シンチレータ61は、ホットダイオードアレイPD1の裏面に接着されている。シンチレータ61とホットダイオードアレイPD1との接着には、光透過性を有する樹脂（例えば、エポキシ樹脂、アクリル樹脂等）を用いることができる。

【0073】 上記放射線検出装置RDでは、ホットダイオードアレイPD1を備えることにより、p型領域7の間におけるクロストークの発生が良好に抑制される。また、初期的な接続エラーもしくは温度サイクル等による接続点の破損によ

って、あるホトダイオードが電氣的にフローティングな状態になった場合においても、隣接するホトダイオードへのキャリアの流れ込みが良好に抑制される。これにより、高い解像度を得ることができる。

5 【0074】 本発明は、前述した実施形態に限定されるものではない。例えば、本実施形態においては、本発明を複数の p n 接合が 2 次元的に縦横に規則正しく配列されたホトダイオードアレイに適用したが、これに限られることなく、p n 接合が 1 次元的に配列されたホトダイオードアレイにも本発明を適用することができる。

10 【0075】 本実施形態に係るホトダイオードアレイ PD 1 ~ 4 及び放射線検出装置 RD は、X 線 CT 装置に好適である。

15 【0076】 本発明によれば、クロストークの発生を良好に抑制することが可能な半導体光検出素子及び放射線検出装置を提供することができる。また、初期的な接続エラーもしくは温度サイクル等による接続点の破損によって、あるホトダイオードが電氣的にフローティングな状態になった場合においても、隣接するホトダイオードへのキャリアの流れ込みを抑制することが可能な半導体光検出素子及び放射線検出装置を提供することができる。

クレーム：

1. 被検出光の入射面の反対面側に p n 接合型の複数のホトダイオードが形成された半導体基板を備え、

5 前記半導体基板の前記入射面の反対面側において、前記複数のホトダイオードのうち隣接するホトダイオード間に p n 接合領域が形成されていることを特徴とする半導体光検出素子。

2. 前記 p n 接合領域は、前記反対面側から見て、前記ホトダイオードを取り囲むように形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体光検出素子。

10 3. 前記半導体基板の前記反対面側において、前記 p n 接合領域と前記ホトダイオードとの間に、前記半導体基板と同一導電型の高濃度不純物半導体領域が形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体光検出素子。

15 4. 前記高濃度不純物半導体領域は、前記反対面側から見て、前記ホトダイオードを取り囲むように形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体光検出素子。

5. 前記半導体基板の前記反対面側に、前記 p n 接合領域と前記高濃度不純物半導体領域とに電氣的に接続される電極が形成されており、

前記電極が接地電位に接続されることを特徴とする請求項 4 に記載の半導体光検出素子。

20 6. 前記半導体基板の前記反対面側に、前記 p n 接合領域に電氣的に接続される第 1 電極と前記高濃度不純物半導体領域に電氣的に接続される第 2 電極とが形成されており、

前記第 1 電極と前記第 2 電極とは、互いに電氣的に絶縁された状態で各々が接地電位に接続されることを特徴とする請求項 4 に記載の半導体光検出素子。

25 7. 前記半導体基板は第 1 導電型であって、前記複数のホトダイオード及び前記 p n 接合領域は第 2 導電型不純物半導体領域と前記半導体基板とで構成

されることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体光検出素子。

8. 前記半導体基板及び前記高濃度不純物半導体領域は第 1 導電型であって、前記複数のホトダイオード及び前記 p n 接合領域は第 2 導電型不純物半導体領域と前記半導体基板とで構成されることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体光検出素子。

9. 前記半導体基板の前記反対面側に、前記複数のホトダイオードのそれぞれに電氣的に接続され、バンプ電極を含む電極が形成されているとともに、

前記半導体基板に対向する面側に前記複数のホトダイオードのそれぞれと対応するように電極パッドが形成された支持部材を備え、前記複数のホトダイオードのそれぞれは、前記バンプ電極を介して前記支持部材の対応する前記電極パッドに電氣的に接続されることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体光検出素子。

10. 請求項 1 に記載の半導体光検出素子と、

前記半導体基板の前記入射面側に位置し、放射線の入射により発光するシンチレータと、を備えることを特徴とする放射線検出装置。

要約書

n型半導体基板5にはその表面側において、p型領域7がアレイ状に2次元配列されている。隣接するp型領域7同士の間には、高濃度n型領域9及びp型領域11が配置されている。高濃度n型領域9は、表面側から見てp型領域7を取り囲むように、基板5の表面側からn型不純物を拡散して形成されている。p型領域11は、表面側から見てp型領域7及び高濃度n型領域9を取り囲むように、基板5の表面側からp型不純物を拡散して形成されている。n型半導体基板5の表面側には、p型領域7に電氣的に接続される電極15と、高濃度n型領域9及びp型領域11に電氣的に接続される電極19とが形成されている。これにより、クロストークの発生を良好に抑制することと、初期的な接続エラーもしくは温度サイクル等による接続点の破損によって、あるホットダイオードが電氣的にフローティングな状態になった場合においても、隣接するホットダイオードへのキャリアの流れ込みを抑制することが可能な半導体光検出素子及び放射線検出装置が実現される。